

工程机械电气自动化系统的能效优化与控制策略

盛庆祝¹, 程刚², 张鹤³

1. 身份证号: 220283198204159216

2. 身份证号: 22010419840527691X

3. 身份证号: 220106198503281213

摘要: 工程机械电气自动化系统的未来将由技术创新主导, 主要涉及智能化、电动化、远程控制、服务化、模块化、数据驱动和国际市场拓展。这些进步将提升设备性能和效率, 促进行业可持续发展。智能化使机械能自主执行任务, 提高安全和减少环境影响。电动化减少化石燃料依赖, 降低排放。远程控制提高操作灵活性和精确性。服务化和后市场为企业提供新增长点。模块化满足多样化需求。数据驱动的预测性维护优化运营效率。国际市场拓展增强中国品牌全球影响力。这些趋势将塑造一个高效、环保、智能的行业。

关键词: 智能化; 电动化; 远程控制; 服务化; 国际市场拓展

Energy Efficiency Optimization and Control Strategies for Electrical Automation Systems in Construction Machinery

Sheng Qingzhu¹, Cheng Gang², Zhang He³

1. ID: 220283198204159216

2. ID: 22010419840527691X

3. ID: 220106198503281213

Abstract: The future of electrical automation systems in construction machinery will be dominated by technological innovations, mainly involving intelligence, electrification, remote control, servitization, modularization, data-driven approaches, and international market expansion. These advancements will enhance equipment performance and efficiency, promoting sustainable development in the industry. Intelligence enables machinery to perform tasks autonomously, improving safety and reducing environmental impact. Electrification reduces dependence on fossil fuels and lowers emissions. Remote control enhances operational flexibility and precision. Servitization and aftermarket services provide new growth opportunities for enterprises. Modularization meets diverse needs. Data-driven predictive maintenance optimizes operational efficiency. International market expansion enhances the global influence of Chinese brands. These trends will shape an efficient, environmentally friendly, and intelligent industry.

Keywords: intelligence; electrification; remote control; servitization; international market expansion

一、现有技术与挑战

工程机械电气自动化系统 in 提高生产效率、降低能耗、提升安全性等方面展现出巨大潜力^[1]。通过引入先进的控制系统和传感技术, 工程机械设备能够实现更加精准和高效的操作^[2]。自动化系统通过即时监测和反馈, 能够实时调整设备运行参数, 优化生产流程, 从而大幅度缩短生产周期。这种精细化的生产管理不仅提高了工程机械设备的整体运行效能, 也降低了生产过程中的人为错误和浪费, 为企业创造了显著的经济效益^[3]。然而, 尽管自动化技术在工程机械电气领域取得了显著进展, 但仍然存在技术瓶颈需要克服。自动化系统的复杂性和精密度导致了设备维护和故障排除的难度增加, 需要更高水平的技术支持和专业知识。不同制造商之间的标准不一致、设备间通信协议的差异等问题, 使得系统集成变得复杂困难, 限制了自动化技术的推广应用^[4]。

二、技术瓶颈与人机协同

技术瓶颈是工程机械电气自动化系统面临的主要挑战之一^[5]。

老旧的电气系统由于缺乏现代化的自动化组件, 导致效率低下, 且难以满足现代电气工程对于数据处理和实时响应的高要求。此外, 人机协同也成为新的问题。工人需要适应与自动化系统的密切合作, 但现有的培训和教育体系并未充分配备工人具备与自动化系统良好互动的能力^{[6][7]}。对于某些复杂任务, 机械设备与人的协同工作仍面临相互理解、沟通和协调的问题。这些问题的存在, 要求我们在推动技术进步的同时, 也要注重人员的培训和教育, 以及系统设计的人性化和兼容性^[8]。

三、能效优化的关键技术

在工程机械电气自动化系统中, 能效优化是实现可持续发展的关键^[9]。技术层面上, 能源回收与利用的方法和效率的提升显著^[10]。例如, 通过液压蓄能器的负载压力适应型自动怠速系统, 能够根据实际负载变化自动调整怠速, 减少无效能耗, 提高整体能效。这种系统通过 AMESim-MATLAB/Simulink 联合仿真模型的研究, 表明新型自动怠速分段控制策略可行, 且分段控制效果明显^[11]。

此外, 电能回收系统与智能传感器的结合, 能够实现能量回收过程的精确控制和优化^[12]。智能传感器技术可以实时监测设备状态和环境参数, 为能量回收系统提供准确的数据支持, 从而提高能量回收效率。全数字控制与物联网技术的应用, 如无线传感器网络, 可以实现设备间的互联互通, 通过收集和分析大量数据, 实现设备的远程监控和智能维护, 进一步降低能耗^[13]。

机器学习和深度学习技术在系统建模和预测方面展现出巨大潜力。通过利用这些技术对历史数据进行分析, 可以预测设备运行状态和能耗趋势, 从而实现更精确的能效优化^[14]。例如, 构建预测模型可以预测设备在不同工况下的能耗, 为操作者提供节能操作建议。

四、控制策略的创新

1. 智能控制与机器学习集成

智能控制技术通过集成机器学习算法, 能够显著提高系统自适应、优化性能、增强决策能力, 以及提升系统对未知环境的适应性与稳健性^[15]。例如, 在自动驾驶领域, 深度学习模型可以处理多个传感器数据, 实现复杂环境理解, 提供精确控制策略。机器学习模型能够从大量数据中学习模式和决策策略, 对于设计复杂系统的控制策略至关重要。在智能电网调度中, 深度学习模型预测能源需求和价格变化, 实时优化电网的能源分配策略, 提高效率 and 降低成本。深度强化学习 (DRL) 为控制系统的自适应优化提供了新方案, 通过与环境交互, 自主学习最优决策^[16]。这种结合在智能制造、智能交通、机器人技术等领域展现了巨大潜力, 推动了数十万亿工业、服务业的进一步升级。

2. 数据驱动的控制策略

数据驱动的控制策略通过大数据分析技术, 对生产过程中的数据进行深度分析, 发现能效问题和优化机会, 为决策提供数据支持^[17]。例如, 通过供应链管理和协同优化, 实现生产计划、物料采购、生产工艺等各个环节的能效优化。精益生产等管理方法的运用, 优化生产流程, 消除浪费和不必要的能源消耗。基于产业互联网平台, 实现机械自动化系统与其他产业的跨界合作和资源共享, 优化能源利用效率和生产效率。共享经济模式的建立, 通过共享资源和设备, 实现资源的最大化利用, 降低能源成本和生产成本。这些策略不仅提高了生产效率和产品质量, 还最大限度地降低了能源消耗和生产成本, 为企业可持续发展提供了重要支持。

五、系统集成与优化

1. 系统集成的实施与效果

系统集成技术在工程机械电气自动化系统中的实施, 涉及将不同的硬件、软件、网络设备以及传感器等技术要素进行有效整合, 以形成一个协调一致、高效运作的整体^[18]。例如, 通过集成 PLC 控制系统、传感器网络和 SCADA 系统, 可以实现对工程机械的实时监控和远程控制。根据《系统集成技术的评估和优化》, 系统集成的评估包括系统稳定性、效率、可维护性、集成度和安全性等多个方面。优化则涉及系统架构、代码、兼容性、安全性和用户体验等方面。在实际案例中, 如某大型制造企业通过系

统集成, 实现了生产管理系统与 ERP、CRM 和物流系统的无缝对接, 提高了生产效率和数据准确性, 减少了人为错误和响应时间, 从而显著提升了整体运营效能^[19]。

2. 系统集成的挑战与解决方案

在系统集成的过程中, 面临的挑战包括技术兼容性、数据一致性、系统安全性和维护复杂性等。为了解决这些挑战, 企业需要采取一系列措施。首先, 进行详尽的需求分析, 确保系统集成方案能够满足企业的实际需求。其次, 采用模块化设计, 使得系统更加灵活, 便于未来的扩展和维护。此外, 强化系统的安全性设计, 如数据加密和访问控制, 以保护企业的数据资产。根据《系统集成中的最佳实践和案例分析》, 最佳实践还包括实施过程中的严格测试与质量保障, 以及系统部署后的持续维护和更新。通过这些措施, 企业能够确保系统集成的长期稳定运行, 从而支持企业的持续发展和技术创新。

六、能源回收与利用

能源回收与利用是工程机械电气自动化系统实现可持续发展的关键环节。随着技术的不断进步, 这一领域的回收与利用方法和效率都有了显著提升。国家发展改革委等部门发布的《关于统筹节能降碳和回收利用 加快重点领域产品设备更新改造的指导意见》中明确提出了到2025年, 废旧产品设备回收利用将更加规范畅通, 形成一批可复制可推广的回收利用先进模式, 推动废钢铁、废有色金属、废塑料等主要再生资源循环利用量达到4.5亿吨的目标。这一目标的设定, 不仅体现了国家层面对于能源回收与利用的重视, 也为工程机械电气自动化系统的绿色发展指明了方向。

在技术层面, 能源回收与利用涉及多个方面, 包括机械能回收、热能回收、电能回收以及材料回收。例如, 通过能量回收系统, 如液压蓄能器, 回收工程机械在制动或减速过程中产生的能量, 将其转换为电能或液压能重新利用。此外, 利用余热回收技术, 从工业过程中回收废热, 用于加热、发电或其他用途, 提高能源利用效率。在电气自动化系统中, 通过高效的电力电子设备和储能系统, 回收利用峰谷电价差异或临时过剩的电能。同时, 对废旧电池、电机等进行拆解, 回收有价值的材料, 如稀土元素、铜、铝等, 实现材料的循环利用。这些技术的实施, 将有助于工程机械电气自动化系统在能源利用效率上的提升, 同时也为环境保护和资源节约做出贡献。

七、智能化与网络化

1. 智能化技术的应用

智能化技术在工程机械领域的应用正日益广泛, 这包括使用先进的传感器、机器学习算法和人工智能技术来提升设备的性能和自主性。例如, 通过引入机器视觉系统, 工程机械能够自动识别施工环境和物体, 实现精准作业。同时, 利用大数据分析和云计算技术, 可以实现对设备状态的实时监控和预测性维护, 减少停机时间并提高作业效率。在华为的实践中, 通过星河 AI 网络的升级, 实现了 AI 技术的全面融入, 推动了网络智能化的发展, 这不仅提升

了网络的运行效率，也为智能化应用提供了坚实的基础。

2. 网络化技术的发展

网络化技术，特别是5G和未来的6G技术，为工程机械的远程控制和数据传输提供了高速、低延迟的通信保障^[20]。这使得操作人员可以在远离施工现场的地方安全、高效地控制工程机械，同时也为设备的远程诊断和维护提供了可能。此外，随着工业互联网的发展，工程机械可以更有效地集成到更广泛的制造和供应链网络中，实现资源的优化配置和生产的灵活性提升。在中兴通讯的智能化系统架构中，通过技术中台、数据中台和业务中台的构建，实现了网络的智能化管理，这不仅提高了网络的运行效率，也为网络的智能化转型提供了有力支持。

八、案例研究与实践

1. 中联重科的智能化与数字化转型

中联重科是中国领先的工程机械制造商，其在智能化与数字化转型方面的实践具有示范意义。中联重科通过整合工程机械业务板块，搭建了统一的业务操作平台和大数据平台，实现了资源的整合和效率的提升。例如，中联重科推出的自动吊装设备能够实现自动规划和吊装，减少了操作强度，提高了作业效率，并降低了能耗。据中联重科付玲所述，智能化单机工程机械设备已经能够实现全流程的自主作业，操作强度降低了40%，作业效率提升了50%，能耗降低了30%。此外，中联重科还发布了全球首个绿色智慧工厂，通过数字孪生施工的关键技术，实现了智能调度和全场景的孪生可视，推动了端对端的企业智能化转型。

2. 北京城市副中心的绿色供能和碳管理项目

北京城市副中心的城市绿心项目是一个典型的能源绿色低碳转型案例。该项目通过建设地热泵能源站、分布式光伏、水蓄能等实现区域“增绿”，同时通过建筑绿色化、交通电气化、智慧能源管理、碳资产管理等促进区域“减碳”。北投集团承担的三大文化设施预计可再生能源供应占冬季供热总量的80%，占夏季供冷总量的70%。据测算，这些建筑投入运营后，每年可减少二氧化碳排放超过1万吨，这是通过智能化技术实现能源优化和管理的典型案例。

这两个案例展示了智能化与网络化技术在工程机械和能源管理中的应用，它们不仅提高了生产效率和能源利用效率，还显著降低了能耗和碳排放，为工程机械行业的智能化和绿色发展提供了可行的路径。

九、未来发展趋势

工程机械行业正朝着智能化和电动化发展，这提高了作业效率，减少了对化石燃料的依赖，并符合环保趋势。智能化技术如自动规划提升了效率，电动化技术降低了排放。5G和6G技术的发展使得远程控制和设备维护更加高效。

同时，服务化和后市场的发展使企业向服务提供商转型，提供全面的设备管理和技术支持服务，这不仅提升了设备的使用效率和寿命，还为企业带来了新的收入来源。模块化和定制化设计满足了市场多样化需求，预测性维护通过数据分析提高设备可靠

性。中国企业正加快国际化步伐，拓展海外市场，提升全球竞争力。这些趋势预示着行业将变得更加高效、环保和智能。

十、结论

工程机械电气自动化系统的未来发展趋势将由技术创新所主导，涵盖智能化、电动化、远程控制、服务化、模块化、数据驱动和国际市场拓展等多个方面。这些技术的进步不仅将提高工程机械设备的性能和效率，还将推动整个行业的可持续发展。随着智能化技术的应用，机械将能够自主执行复杂任务，提高安全性和减少环境影响。电动化和新能源技术的应用将减少对化石燃料的依赖，降低排放。远程控制和网络化将使得操作更加灵活，提高作业的精确性。服务化和后市场的发展将为工程机械企业带来新的增长点。模块化和定制化将满足市场的多样化需求。数据驱动的预测性维护将优化设备的运营效率。国际市场的拓展将增强中国工程机械品牌的全球影响力。这些趋势的共同作用将塑造一个更加高效、环保和智能的工程机械行业。

参考文献

- [1] 韦明杰. 探究机械设备电气工程自动化技术的应用[J]. 中国设备工程, 2023, (24): 218-219.
- [2] 吕彬彬. 电气工程及其自动化供电系统的节能优化[J]. 电工技术, 2023, (S1): 271-273+276.
- [3] 张颖霄, 张彦杰. 电气工程自动化技术在机械设备中的应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52 (12): 118-120.
- [4] 李雨松. 电气工程及其自动化的质量控制与安全管理[J]. 大众标准化, 2023, (22): 27-29.
- [5] 张潇月. 工程机械电气设备自动化技术分析[J]. 大众标准化, 2023, (22): 60-62.
- [6] 周宽. 电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用[J]. 机械工业标准化与质量, 2023, (11): 53-56.
- [7] 姜永浩. 电气工程及其自动化的智能化技术分析[J]. 电气技术与经济, 2023, (08): 346-348.
- [8] 张明赫. 电气自动化系统中的智能化技术应用[J]. 集成电路应用, 2023, 40 (10): 274-276.
- [9] 杨光晨. 建筑机械设备电气工程自动化的供配电节能控制探讨[J]. 模具制造, 2023, 23 (09): 232-234.
- [10] 李慧琪, 何军, 郭欣然, 等. 浅谈我国电气自动化的现状及发展前景[J]. 数字通信世界, 2023, (08): 166-168.
- [11] 孟海霞. 机械工程自动控制技术现状与趋势[J]. 有色金属工程, 2023, 13 (06): 147.
- [12] 张佳. 电气自动化工程控制系统的现状及其发展趋势[J]. 华东科技, 2023, (06): 125-127.
- [13] 许庆忠, 马耀辉, 蔡桥洪. 机械电气安全控制系统的设计与实现[J]. 自动化应用, 2023, 64 (10): 211-213+228.
- [14] 刘锴. 工程机械电气系统的设计流程分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40 (05): 250-251.
- [15] 钟磊. 工程机械电气控制系统故障研究[J]. 内燃机与配件, 2022, (01): 79-81.
- [16] 薛彬. 机械设备电气工程自动化技术的应用[J]. 冶金与材料, 2021, 41 (04): 103-104.
- [17] 甘仁虎. 机械设备电气自动化技术的应用探析[J]. 装备维修技术, 2021, (04): 62-64.
- [18] 李守明, 徐红. 机械设备电气工程自动化技术的应用研究[J]. 设备管理与维修, 2020, (17): 140-141.
- [19] 苏鹏. 电气自动化在工业机械控制中的应用探讨[J]. 内燃机与配件, 2019, (17): 219-220.
- [20] 刘延霞. 浅析机械电气系统设计和常见故障分析的方法[J]. 电子测试, 2019, (06): 89-90.